DOI:10.11931/guihaia.gxzw201811039

人工脱涩处理对广西野生柿种质果实贮藏性的影响

黄思婕[1]，陆笛[1]，潘介春[1]，孙宁静[2*]

(1. 广西大学农学院，南宁 530004；2. 保山学院资源环境学院，云南 保山 678000)

摘 要：以广西特有的野生柿种质‘油柿’（YS）、‘农家栽培柿’（ZP）和主栽品种‘恭城月柿’为实验材料，分析人工脱涩乙烯利处理的果实采后贮藏中可滴定酸含量、可溶性糖含量、硬度、乙烯生物合成量、色差、可溶性单宁含量、果胶及细胞壁降解酶活性的变化，探讨不同野生柿种质采后果实软化机制。研究结果表明：与恭城月柿相比，油柿可滴定酸含量高，可溶性糖含量低，转色缓慢，果实易软化。其中 YS-4 最不耐贮藏，乙烯利处理后，贮藏第 4 天硬度降至 1.620 N，第 6 天可溶性单宁含量下降至 2.398 mg g^{-1}，整个贮藏期原果胶含量下降最慢，末期可溶性果胶值最低，为 0.832%；而 YS-2 最耐贮藏，乙烯利处理第 8 天硬度为 YS-4 的 3.6 倍，贮藏末期硬度在所有油柿中最高。农家栽培柿中乙烯利处理贮藏末期 ZP-2 可滴定酸含量最高，可溶性糖含量低，转色最缓慢，原果胶降幅最小，可溶性果胶含量最高；相反 ZP-3 果实转色快且易软化，可滴定酸含量最低，可溶性糖含量低，原果胶降幅最大，可溶性果胶含量低。恭城月柿 PG 活性和 Cx 活性远远高于油柿，各油柿种质的果实软化程度与细胞壁降解酶活性的相关性不同，β-D-Gal 酶和 Cx 酶在农家栽培柿贮藏前期起作用，PG 酶在贮藏前期和后期对果实软化起作用。说明不同柿种质品种在软化过程中起主导作用的酶不同。综上，与恭城月柿相比，‘油柿’柿耐贮性差，其中 YS-4 极不耐贮藏，而‘农家栽培柿’ZP-2 极耐贮藏。以上结果可为研究柿果实软化机制提供基础的种质材料。

关键词：柿种质，脱涩处理，贮藏，软化，酶活性

中图分类号：Q945　　　　**文献标识码：**A

Effects of artificial deastringency treatment on the storability of *Diospyros* germplasms from Guangxi Province

Huang Sijie[1], Lu Di[1], Pan Jiechun[1], Sun Ningjing[2*]

(1.*College of Agriculture, Guangxi University*, Nanning 530004, China; 2. *College of Resources and Environment, Baoshan University*, Baoshan 678000, Yunnan, China)

Abstract: The *Diospyros* germplasms and the main cultivar Gong Cheng Persimmon in Guangxi were used as experimental materials to analyze the changes of titratable acid content, soluble sugar content, firmness total chromatism, soluble tannin content, pectin and cell wall degrading

---

基金项目：国家自然科学基金（31501809，31860578）；广西自然科学基金（2015GXNSFBA139112）；广西创新驱动发展专项项目“优势特色水果生态高效栽培技术研究与应用”子课题“葡萄、柿等落叶果树的引种、高效栽培技术研究与应用”（桂科 AA17204097-12）[Supported by the National Natural Science Foundation of China (31501809, 31860578); Guangxi Natural Science Foundation (2015GXNSFBA139112); Special project of innovation-driven development in Guangxi: "research and application of eco-efficient cultivation techniques for fruit with advantages and characteristics" sub-topic "research and application of the introduction and high efficiency cultivation techniques of deciduous fruit trees such as grapes and persimmon"（GKAA17204097-12）]。

作者简介：黄思婕(1994 -)，女（侗族），广西融安县人，硕士研究生，专业方向为果实栽培与生理，（E-mail）15676119887@163.com。

***通信作者：**孙宁静，博士，副教授，研究方向为果实采后生物学，(E-mail) snj1204@126.com。

enzyme activities in postharvest storage of artificially dehydrated ethephon.For investigating the softening mechanism of postharvest fruits of different oil persimmon germplasms. The results showed that compared with Gong Cheng Persimmon, the *Diospyros oleifera* had high titration acid content, low soluble sugar content, slow color change and easy softening of fruits. Among them, YS-4 was the most resistant to storage. After ethephon treatment, the firmness decreased to 1.620 N on the 4th day, and the soluble tannin content decreased to 2.398 mg g^{-1}on the 6th day. The protopectin content decreased the slowest during the whole storage period. The soluble pectin content value was the lowest at 0.832%; while YS-2 was the most resistant to storage, the 8th firmness of ethephon treatment was 3.6 times that of YS-4, and the firmness at the end of storage was the highest among all persimmon germplasms. The titratable acid content of ZP-2 was the highest, the soluble sugar content was low, the change of color was the slowest, the decline of original pectin was the least, and the content of soluble pectin was the highest after the end of storage period of ethephon treatment. On the contrary, ZP-3 fruit changed color quickly and softened easily, the titratable acid content was the lowest, the soluble sugar content was low, the original pectin content was the biggest, and the soluble pectin content was low. Polygalacturonase (PG) and cellulase (Cx) of Gong Cheng Persimmon were much higher than *Diospyros oleifera* during the ripening period after fruit softening. The relationship between the softening degree and the cell wall degradation enzyme activity was different among all the persimmon germplasms. β-D-galactosidase (β-D-Gal) and cellulase (Cx) played an important role in the early stage of storage, while poly galacturonase (PG) played an important role in fruit softening at the early and late stage of storage.The results suggest that different persimmon germplasms have different enzymes that play major roles in fruit softening progress.In general, compared with Gong Cheng Persimmon, the storage tolerance of *Diospyros oleifera*, in which YS-4 was extremely intolerant to storage, and ZP-2 was extremely tolerant to storage. These results may provide a basis for the study of fruit softening mechanism of persimmon germplasm materials.

Keywor**ds**：*Diospyros* germplasm, de-astringency, storage, softening, enzymatic activity

柿属柿科（Ebenaceae）柿属（*Diospyros* L.）落叶乔木，主要种植在热带和温带地区，中国作为柿的原产国，拥有世界上最大的柿种植面积和产量，含有柿树 2 属 50 多个种（高志强，2008）。而广西作为中国柿主要产区，其柿种质资源丰富，含有柿、君迁子、油柿、乌柿、毛柿和野柿等多个柿品种。在广西乡村农户房屋周围生长着多个野生油柿品种，油柿叶片不具角质，叶面无光泽，具有柔毛，果实接近成熟时表面附着有粘性物质，成熟时粘性物质不会消失，果面多有褐斑，通常种子大且比较多，种植适应性广，多作为嫁接砧木（邓立宝，2012）。而农家栽培品种多生长于房前屋后，叶片革质，表面深绿光滑，背面淡绿有柔毛（邓立宝，2012），果实中等大小，外观品质好，无种子或种子较少，但由于无人管理，综合性状较差（邓立宝，2013）。对广西 12 个地区 189 份柿种质进行亲缘关系分析，发现乐业、西林、田林、右江地区柿种质亲缘关系相近；泉州、环江、中山、鹿寨、武宣、秦塘和横县柿种质亲缘关系相近（邓立宝，2015）。邓立宝运用 Scot 基因标记法将广西特有的油柿分为两个亚组，而在欧氏距离 D=12.09 处，将 35 份第III亚组油柿种质分为四个小亚组，第IV亚组油柿在欧氏距离 D=9.59 处，可将 17 份油柿种质分为三个小亚组（邓立宝，2013）。

柿属于呼吸跃变型果实，在贮藏过程中由内至外发生一系列转变（Smith et al., 2002），软化就是一个主要又直观的变化（Ahmed & Labavitch，1980），而果实表皮的软化又是在各种大小物质共同作用下造成的，其中细胞壁结构与内在组分的改变对其影响最为直接（Huber，1983）。细胞壁由纤维素和果胶等物质构成，果胶作为细胞壁主要成分之一，随着贮藏时间的推移，果实逐渐成熟，果胶由原果胶向可溶性果胶转化，导致果实软化，硬度

下降（Femenia，1998；Fischer & Bennett，1991）。在贮藏第 5 天自然成熟的恭城月柿果实软化度为第 0 天的 3.5 倍（范灵姣，2016）；采后的安溪油柿在贮藏第 33 天时硬度降为 6.0 N，贮藏期间会有呼吸高峰的出现，后期果实腐烂率高，果实品质大幅度降低（王慧，2018）。软化是一个繁复的过程，除了大分子之间的转化，还有各种酶的协同作用，多聚半乳糖醛酸酶（PG）、纤维素酶（Cx）、果胶甲酯酶（PME）、β-半乳糖苷酶（β-D-Gal）和果胶酸移除酶（PL）等对果实软化具有调控作用，这些在柿（Kang et al., 1994；Kang et al., 1998；罗自生，2005）、鳄梨（Buse & Laties，1993；De Veau et al., 1993）、苹果（Abeles & Biles，1991；申曙光，1991）、香蕉（Prabha & Bhagyalakshmi，1998）和草莓（Jiménez-Bermúdez et al., 2002）等上均得到验证。

前人对广西野生柿种质资源果实软化相关研究未见报道。本试验通过将广西特有的油柿和农家栽培柿种质进行亲缘关系分组，研究不同油柿采后自然成熟和乙烯利脱涩处理二者果实软化相关指标之间的关系，并通过比较其与广西主栽品种‘恭城月柿’耐贮性差异，探讨野生柿种质果实软化的原因，为研究柿果实软化机制提供种质基础，也为今后野生柿种质资源的开发利用提供理论依据。

1 试验材料与指标测定方法

1.1 材料

以油柿、农家栽培柿和‘恭城月柿’为试验材料，均采摘于广西大学农学院标本园柿种质资源圃。农家栽培柿与对应的‘恭城月柿’采摘时间为 2017 年 10 月 21 日，贮藏至 2017 年 11 月 6 日；油柿与对应的‘恭城月柿’采摘时间为 2017 年 11 月 12 日，贮藏至 2017 年 11 月 26 日。挑选大小均一、成熟度高度相似、无虫害和病害、无明显表面机械损伤的果实样品于恒温库中贮藏，贮藏温度为 25 ℃（误差严格控制在 1 ℃以下），相对湿度保持在 60%~70%范围内浮动。

试验将油柿参照邓立宝（2013）将油柿根据亲缘关系分为四个亚种，以‘YS-’命名；农家栽培品种分为三个亚种，以‘ZP-’命名。

名称 Name	果形 Fruit shape	果面褐斑情况 Brown spots on fruit surface	果肉褐斑情况 Browning of flesh	种子数 Seed number	平均单果重 Average fruit weight （g）
YS-2	圆形 Circular	无 None	无或较少 None or less	多 Many	96.89
YS-4	圆形 Circular	多 Many	无或较少 None or less	多 Many	103.73
YS-5	圆形和圆锥形 Circular and cones	无或较少 None or less	无或较少 None or less	多 None	99.73
YS-6	圆形和圆锥形 Circular and cones	多 circular	无或较少 None or less	多 None	103.80
ZP-1	扁方形 A flat square	无 None	无 None	无 None	94.14
ZP-2	圆形或心形 Circular or heart-shaped	无 None	无 None	无 None	102.67
ZP-3	方形或番茄形 Square or tomato-shaped	无 None	无 None	无 None	162.68

1.2 试验处理

试验采用乙烯利脱涩处理果实，处理步骤如下：将柿果实完全浸泡于乙烯利溶液中，溶浓度为 500 mg·L^{-1}，浸泡时长为 5 min；5 min 后，迅速捞出柿果实并置于阴凉处通风晾干，接着用密封袋密封 24 h，之后放入恒温库贮藏；对照为相同处理方式，浸泡改用去离子水。间隔一天测定一次指标，测定后将果芯外围的果肉切碎，用液氮冷冻，置于-80 ℃的恒温库中。

1.3 测定的指标与方法

1.3.1 硬度的测定

本次工作中，测定硬度的方法主要参照 Wang et al.（2010）的方法。处理组与对照组分别随机选取 9 个柿果实，分为 3 次重复，每次重复 3 个果实。测量时先将果皮削掉，穿刺时选用质构仪来测定硬度。

1.3.2 总色差的测定

总色差的测定，处理组与对照组随机选取 9 个柿果实，分为 3 次重复，每次重复 3 个果实。随机选取果实表面两对立面用色差计进行测定。

1.3.3 乙烯生物合成量的测定

测定参照（刘思敏等，2018）的方法，处理组与对照组随机选取 15 个柿果实，分为 3 次重复，每次重复 5 个果实。将 5 个果实置于体积为 4 L 的密封罐中封闭 6 h 后，抽取 5 管气体，之后于气相色谱仪测定。

1.3.4 可滴定酸的测定

可滴定酸采用氢氧化钠滴定法，参照曹建康等（2007）。

1.3.5 可溶性糖的测定

可溶性糖采用蒽酮试剂法，参照曹建康等（2007）。

1.3.6 可溶性单宁的测定

采用 Folin-Denis 法测定可溶性单宁，参照 Taira（1996）。

1.3.7 原果胶与的可溶性果胶测定

采用咔唑比色法测定原果胶与的可溶性果胶，参照曹建康等（2007）。

1.3.8 酶液的制备及酶活性的测定

酶液的制备方法主要了参照刘思敏等（2018）的方法，此外还进行了部分改进。具体制备步骤如下：

（1） 取 2.0 g 果肉用液氮进行研磨，充分研磨后置于 10 mL 离心管中；

（2） 往管中加入 4.0 mL 浓度为 0.2% 硫酸钠溶液，多次摇动离心管使研磨后的果肉和溶液混合均匀；

（3） 4 ℃下离心 30 min，移除上清液，加入 4.0 mL 浓度为 100 mmol·L^{-1} 的醋酸钠缓冲液，再多次摇动使管中溶液混合均匀；

（4） 4 ℃下离心 30 min，取出上清液弃去沉淀物，酶液制备完成。

酶活性的测定方法，果胶酶活性、纤维素酶活性和 β-D-Gal 活性测定分别参照 Jiang et al.（2010）、3，5-二硝基水杨酸法（Opigo & Ying，2010）和 Itamura et al.（2013）的方法。

2 结果与分析

2.1 脱涩处理对油柿种质贮藏期果实营养成分含量变化的影响

2.1.1 柿果实可溶性单宁含量的变化

由图 1 所示，贮藏期间柿可溶性单宁呈下降趋势。由图 1：A 可知，第 0 天时油柿可溶性单宁含量均高于恭城月柿，贮藏过程中 YS-2 下降最慢，YS-5 下降速度最快，在第 10 天时 YS-5 含量达到最低值，为 0.440 mg·g^{-1}。贮藏期结束后 YS-2 仍保持高单宁含量，为 21.722

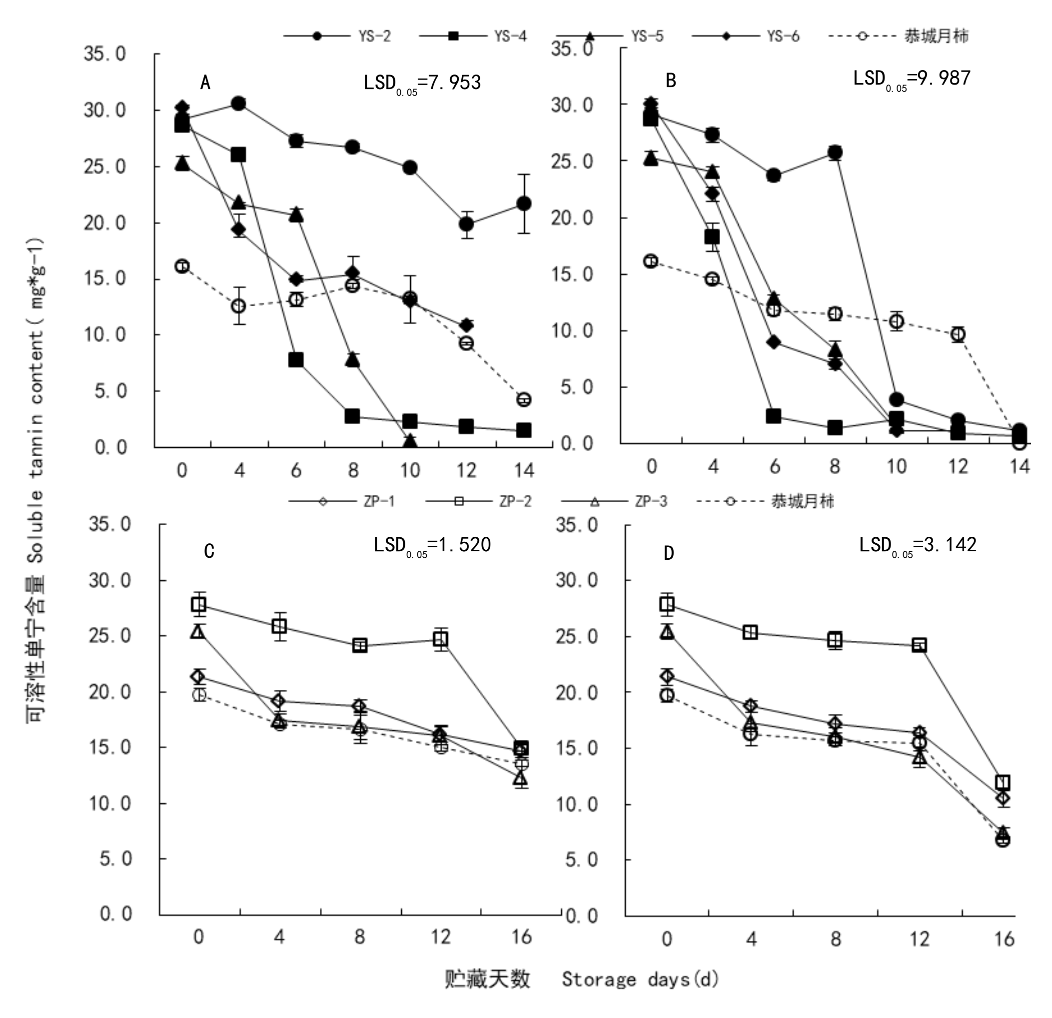
mg g^{-1}，下降最少，其次到恭城月柿，可溶性单宁含量下降了 11.946 mg g^{-1}。

由图 1：B 可知，乙烯利处理组油柿在 0~10 d 可溶性单宁含量大幅度下降，之后趋于平缓，第 10 天时可溶性单宁含量均低于 5 mg g^{-1}，贮藏期结束时恭城月柿可溶性单宁含量最低，为 0.002 mg g^{-1}，油柿含量为 1 mg g^{-1} 左右。

由图 1：C 可知，贮藏初期月柿可溶性单宁含量最低，ZP-2 最高。ZP-2 在 12~14 d 可溶性单宁含量迅速下降；ZP-3 在 0~4 d 可溶性单宁含量迅速下降；ZP-1 贮藏后期比前期降幅要大；月柿可溶性单宁含量整个贮藏期下降缓慢。其中 ZP-3 可溶性单宁含量下降最多，为 13.13 mg g^{-1}。

由图 1：D 可知，乙烯利处理后柿果实在贮藏 12~16 d 时可溶性单宁含量急剧下降。贮藏末期月柿可溶性单宁含量最低，为 6.75 mg g^{-1}，其次到 ZP-3 为 7.45 mg g^{-1}，ZP-2 含量最高。其中 ZP-3 可溶性单宁含量下降最多，为 17.99 mg g^{-1}。

表明野生柿种质单宁含量高于恭城月柿，乙烯利处理能加快可溶性单宁含量的下降。



注：**A**. 油柿对照；**B**. 油柿乙烯利处理；**C**. 农家栽培柿对照；**D**. 农家栽培柿乙烯利处理。下同。

Note: **A**. Control of *Diospyros oleifera;* **B**. Ethephon treatment of *Diospyros oleifera;* **C**. Control of cultivated persimmon; **D**. Ethephon treatment of the cultivated persimmon. The same below.

图 1 野生柿种质与恭城月柿贮藏期可溶性单宁含量的变化

Fig.1 Changes of soluble tannin content in *Diospyros* Germplasms and GongCheng persimmon during storage

2.1.2 柿果实可溶性糖含量的变化

由图 2：A 可知，贮藏期间对照组中 YS-5、YS-6 可溶性糖含量呈上升趋势，YS-2、YS-4

呈先上升后下降趋势，恭城月柿整体呈下降趋势。贮藏初期恭城月柿可溶性糖含量约为油柿的 2 倍。在 12~14 d 时，果实可溶性糖含量急剧下降至 0.6%~0.8%。

由图 2：B 可知，乙烯利处理组中果实在 0~10 d 可溶性糖含量呈下降趋势，之后才是上升。在 8~10 d 可溶性糖含量迅速下降低至 1%以下，之后开始大幅度上升。

如图 2：C 所示，在贮藏期间，月柿可溶性糖含量呈上升趋势，而农家栽培品种可溶性糖含量总体呈下降趋势。贮藏期结束时月柿可溶性糖含量为 6.7%，农家栽培种可溶性糖含量为 4.0%左右。

如图 2：D 所示，乙烯利处理抑制月柿可溶性糖含量的上升，对农家栽培柿果实可溶性糖含量的影响不大。

说明油柿可溶性糖含量低于恭城月柿，油柿乙烯利处理后贮藏前期加速可溶性糖含量下降，末期促使溶性糖含量上升；农家栽培柿经乙烯利处理可减缓柿果实可滴定酸含量的下降。

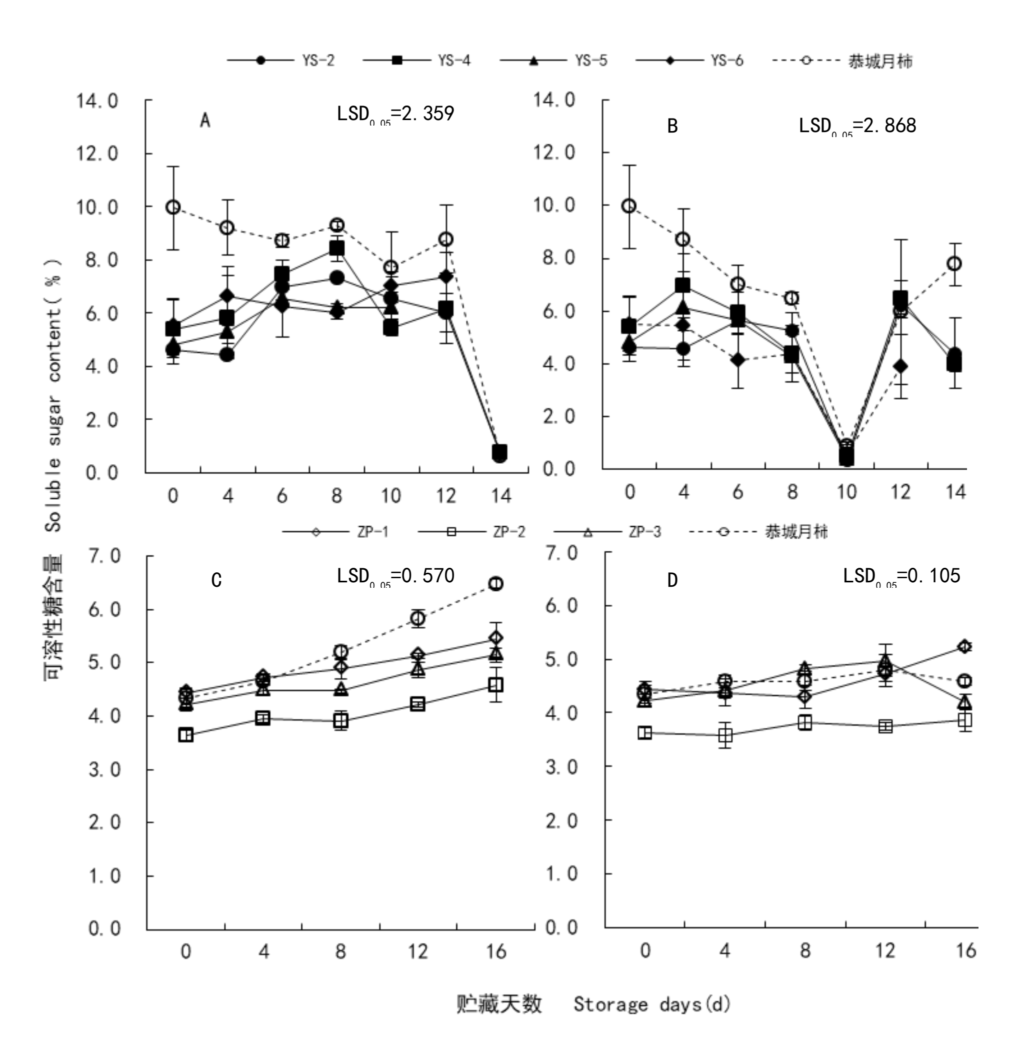


图 2 野生柿种质与恭城月柿贮藏期可溶性糖含量的变化

Fig. 2 Changes of soluble sugar content in *Diospyros* Germplasms and GongCheng persimmon during storage

2.1.3 柿果实可滴定酸含量的变化

由图 3：A 可知果实贮藏期间可滴定酸含量整体呈下降趋势，初期恭城月柿可滴定酸含量最低为 1.10%，其次到 YS-5 为 1.16%，YS-6 含量最高为 1.85%。贮藏期结束后 YS-4 可滴定酸喊了下降最多，下降了 1.19%，YS-2 可滴定酸含量下降最小为 0.34%，YS-5 和恭城月柿分别下降了 0.66%和 0.55%。

由图 3：B 可知，乙烯利处理组 YS-2 可滴定酸含量下降最小，降幅为 0.22%，YS-6 降幅最大，为 1.11%，月柿降幅为 0.59 %。

由图 3：C 可知，除 ZP-1 外，柿果实贮藏期间可滴定酸含量整体呈下降趋势，贮藏初期 ZP-2 果实可溶性酸含量最高，为 0.86%；ZP-3 可溶性酸含量最低，为 0.58%。贮藏第 12 天时，ZP-1 可溶性酸含量急剧上升。

由图 3：D 可知，乙烯利处理微弱减缓了月柿可滴定酸含量的下降，在贮藏后期果实可滴定酸含量上升。

说明油柿可滴定酸含量高于恭城月柿，脱涩处理对油柿果实可滴定酸含量下降无太大影响，但是能减缓农家栽培柿果实可滴定酸含量的下降。

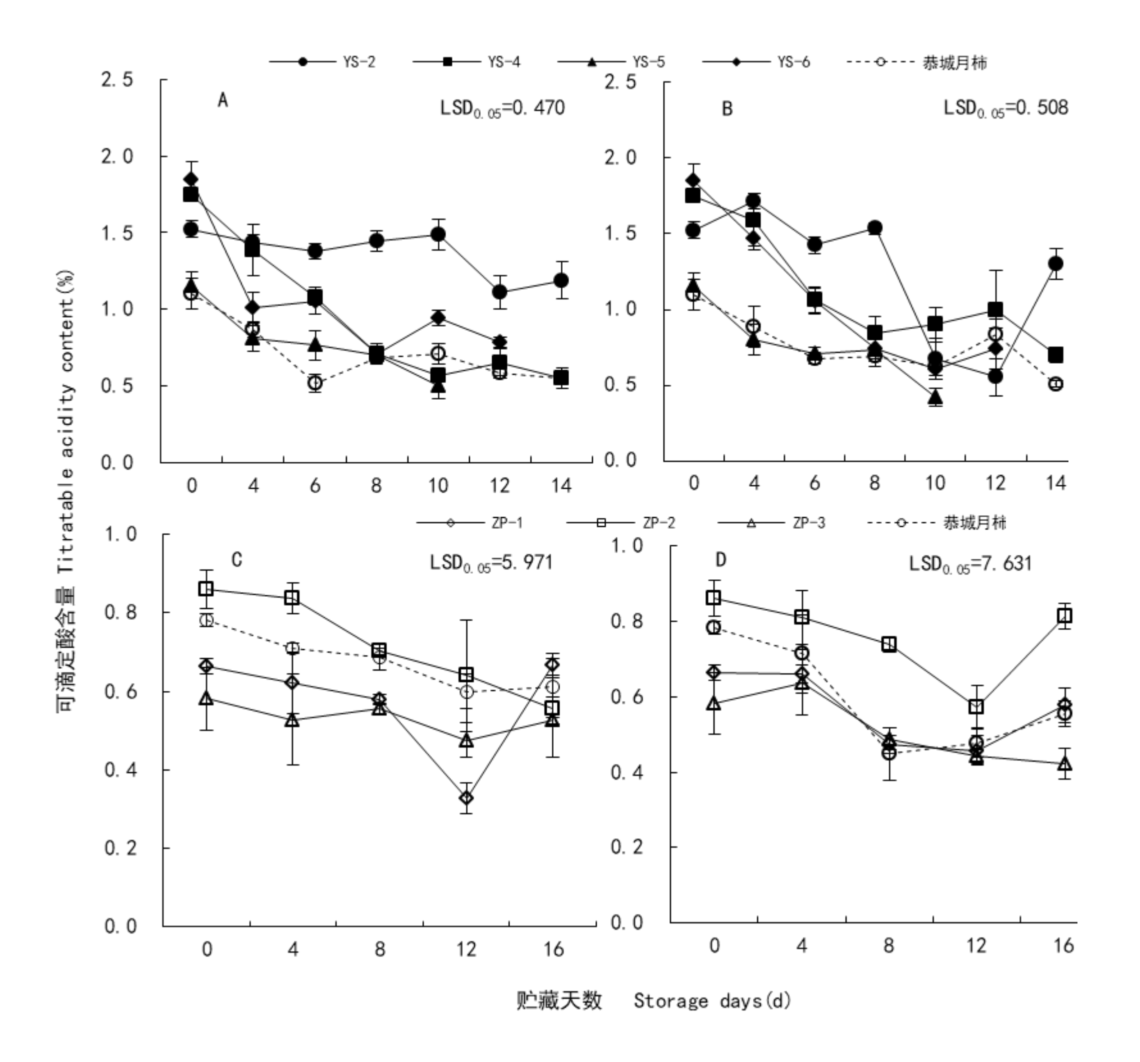


图 3 野生柿种质与恭城月柿贮藏期可溶性酸含量的变化

Fig. 3 Changes of titratable aciditycontent in *Diospyros* Germplasms and GongCheng persimmon during storage

2.2 脱涩处理对油柿种质果实软化和乙烯生成的影响

2.2.1 柿果实硬度的变化

由图 4 在贮藏期间柿硬度呈下降趋势。由图 4：A 可知，不同油柿贮藏期存在差异。0~6 d 时 YS-4 硬度迅速下降 27.08 N，之后下降趋于平缓；其次 YS-5 在 0~8 d 迅速下降 25.40 N，之后趋于平缓。在 8 天之后恭城月柿的硬度均高于油柿，整个贮藏期间硬度下降幅度最小，为 16.57 N。

由图 4：B 可知，乙烯利处理组贮藏 0~4 d 硬度急剧下降，其中 YS-4 下降最为显著，

下降了 26.67 N，其次 YS-5 下降 24.01 N，之后二者硬度下降趋于平缓。在第 6 天之后恭城月柿的硬度均高于油柿，直到贮藏末期恭城月柿硬度降至最低，为 0.39 N。在第 8 天油柿硬度均低于 5 N。

由图 4：C 可知，月柿起始硬度大于农家栽培柿品种。月柿贮藏 0~4 d 和 12~16 d 降幅明显，贮藏中期降幅趋于平缓。ZP-1 和 ZP-2 在第 4 天后硬度开始下降，在 12~16 d 降幅最大。而 ZP-3 在贮藏 0~12 d 硬度下降缓慢，在第 12 天后硬度急剧下降至最低，为 8.57 N。贮藏期间月柿硬度降幅最大，为 15.91 N；其次 ZP-3 降幅为 15.36 N，ZP-2 降幅最小，为 6.98 N。

由图 4：D 可知，乙烯利处理组在 0~4 d 硬度降幅大于对照组，ZP-3 在 8 天后开始急剧下降，ZP-1 在整个贮藏期间降幅均匀，月柿在 8~12 d 下降平缓，其他贮藏时期硬度急剧下降。贮藏末期月柿硬度最小，为 6.09 N，其次到 ZP-3 为 7.66 N，ZP-2 硬度最大。说明乙烯利处理能加快果实的软化，对油柿作用明显，而对农家栽培柿不明显。油柿中，YS-4 软化最快，最不易软化；农家栽培柿中 ZP-3 最易软化，ZP-2 最不易软化。

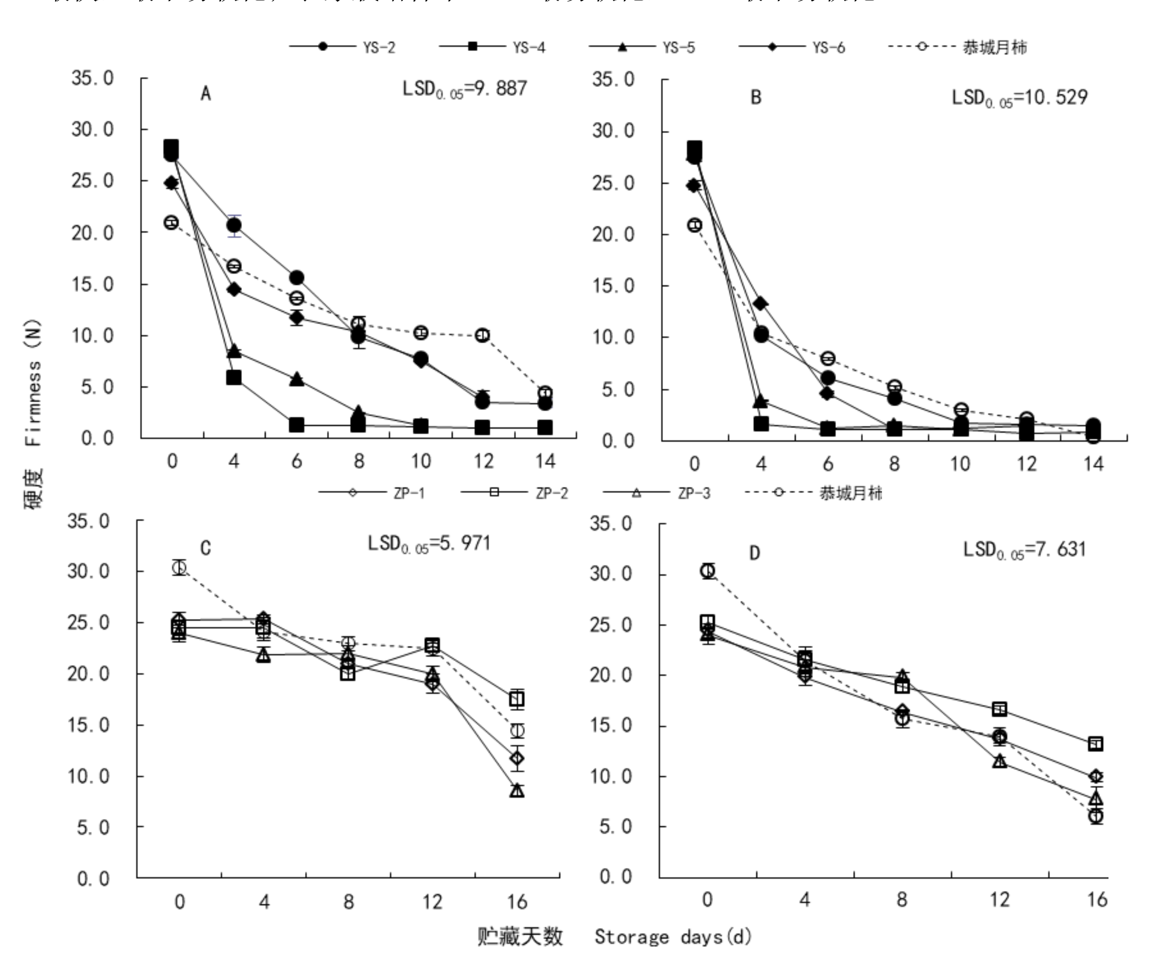


图 4 野生柿种质与恭城月柿贮藏期硬度的变化

Fig. 4 Changes of firmness in *Diospyros* Germplasms and GongCheng persimmon during storage

2.2.2 柿果实乙烯生物合成量的变化

如图 5：A 可知，乙烯含量的变化呈上升-下降-上升-下降的趋势，峰值出现的时间存在差异。YS-2、YS-4 恭城月柿在第 4 天出现第一个高峰，分别为 3.88 μL g^{-1} h^{-1}、3.58 μL g^{-1} h^{-1} 和 1.39 μL g^{-1} h^{-1}，YS-5 和 YS-6 在第 8 天和第 10 天出现峰值，分别为 9.94 μL g^{-1} h^{-1} 和 7.51 μL g^{-1} h^{-1}。

如图 5：B 可知，乙烯利处理 YS-2 和恭城月柿在第 4 天出现峰值，分为 9.76 μL g^{-1} h^{-1}

和 3.44 μL g^{-1} h^{-1}，YS-4、YS-5 在第 8 天出现峰值，分别为 12.60 μL g^{-1} h^{-1} 和 10.36 μL g^{-1} h^{-1}，YS-6 在第 10 天出现峰值为 10.23 μL g^{-1} h^{-1}。

如图 5：C 可知，乙烯含量的变化幅度不大，农家栽培品种在第 12 天出现峰值，而月柿第 4 天和第 12 天出现两个峰值。

如图 5：D 可知，经乙烯利处理不同柿乙烯生物合成量出现峰值的时间不同。ZP-1 在第 4 天最先出现峰值，峰值为 2.94 μL g^{-1} h^{-1}；接着第 8 天月柿和 ZP-2 出现峰值，分别为 2.34 μL g^{-1} h^{-1} 和 2.00 μL g^{-1} h^{-1}；ZP-3 出现峰值的时间最晚也最大，在第 12 天，峰值为 2.56 μL g^{-1} h^{-1}。

说明油柿乙烯含量峰值远远大于农家栽培柿和恭城月柿，乙烯利处理可使乙烯生成量峰值加大对油柿极为明显，同样也加快 ZP-1、ZP-2 和月柿峰值的出现。

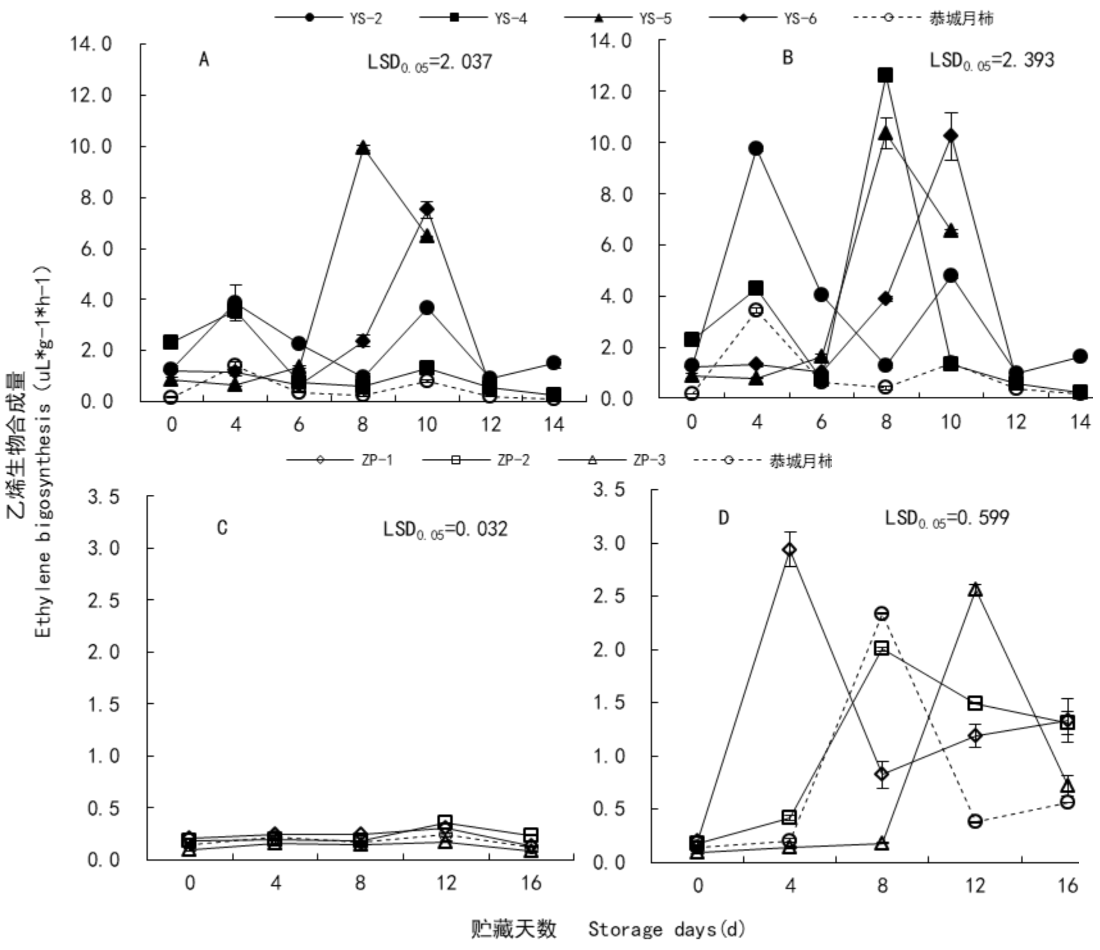


图 5 野生柿种质与恭城月柿贮藏期乙烯生物合成量的变化

Fig. 5 Changes of ethylene biosynthesis in *Diospyros* Germplasms and GongCheng persimmon during storage

2.2.3 柿果实总色差的变化

由图 6 可知，柿果实贮藏期间总色差呈上升趋势。由图 6：A 可知，总色差在 0~4 d 上升最为显著，与硬度在 0~4 d 急剧下降正好相反。贮藏期结束时恭城月柿色差值远远高于油柿为 25.28，其次是 YS-4、YS-5，分别为 14.77 和 14.44。

由图 6：B 可知乙烯利处理组总色差高于对照组，两组在 8~10 d 上升趋势均趋于平缓，第 6 天起月柿总色差高于油柿。0~8 d 恭城月柿总色差含量上升幅度大，之后趋于平缓，在 12~14 d 再次剧烈上升，而油柿在 12~14 d 上升幅度远远小于月柿。

由图 6：C 可知，总色差在 0~4 d 急剧上升，接着趋势趋于平缓，之后又开始显著上升。

其中 ZP-3 色差上升最快，直到贮藏末期 ZP-3 色差值最高，为 18.6，其次到 ZP-2，色差值为 15.8，恭城月柿色差值最低，为 13.0。

由图 6:D 可知，乙烯利处理组总色差高于对照组，两组在 8~12 d 上升趋势均趋于平缓，贮藏前后期色差值呈显著上升趋势。至贮藏末期 ZP-3 色差值最高，为 25.0，其次到 ZP-2，色差值为 20.0，ZP-1 色差值最低，为 15.2。

说明柿果实随着贮藏期延长果实会逐渐变黄，乙烯利处理能加速果实的成熟与转色。

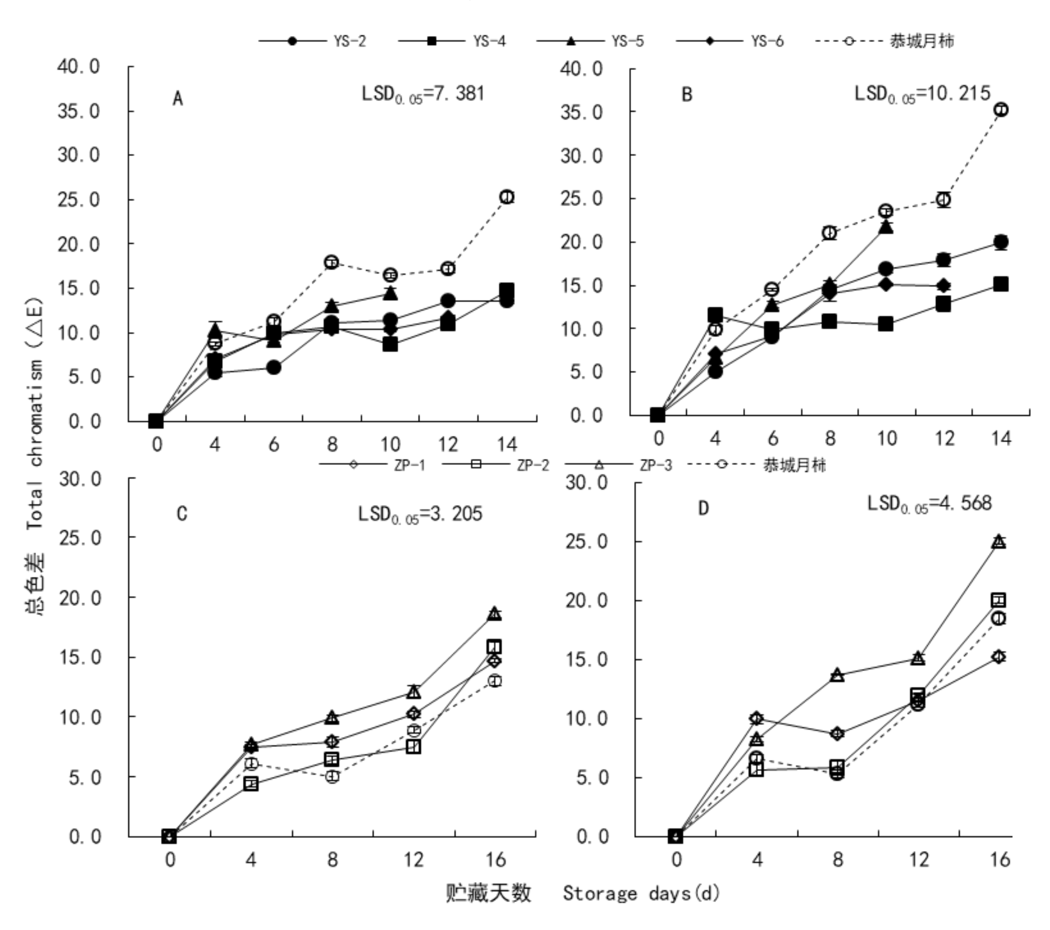


图 6 野生柿种质与恭城月柿贮藏期总色差的变化

Fig. 6 Changes of total chromatism in *Diospyros* Germplasms and GongCheng persimmon during storage

2.2.4 柿果实原果胶含量的变化

由图 7 可知，在贮藏期间原果胶含量总体呈下降趋势。由图 7：A 可知，油柿起始值大于月柿，且下降幅度高于月柿，贮藏期结束后原果胶含量下降幅度 YS-2 最大为 2.47%，其次是 YS-4 为 1.84%，恭城月柿最小为 0.14%。

由图 7：B 可知，乙烯利处理组 YS-2 降幅为 2.81%，YS-4 降幅为 2.54%，月柿仅降幅为 1.03%。说明油柿原果胶含量高于月柿，在果实后熟时期原果胶含量降幅大。

由图 7：C 可知，农家栽培品种起始值大于月柿。贮藏 8 天后原果胶含量呈显著下降趋势。贮藏末期 ZP-3 原果胶含量降幅最大，下降了 1.12%，ZP-2 降幅最小，下降了 0.54%。

由图 7：D 可知，经过乙烯利处理后柿果实在贮藏 0~4 d 内原果胶含量急剧下降。贮藏末期 ZP-3 原果胶含量降幅最大，下降 1.37%，其次到月柿，下降 1.05%，ZP-2 降幅最小，为 0.79%。说明乙烯利处理可促进柿果实在贮藏初期原果胶含量的下降。

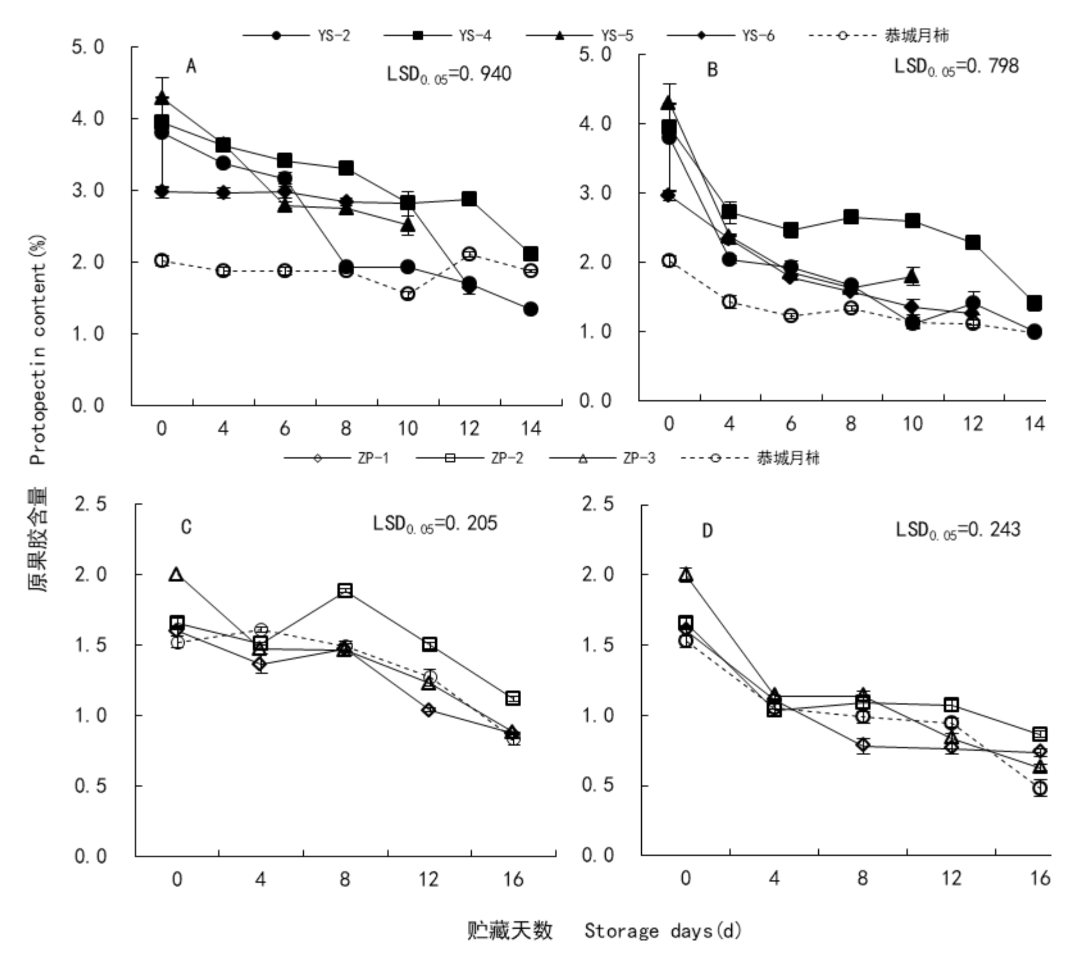


图 7 野生柿种质与恭城月柿贮藏期原果胶含量的变化

Fig. 7 Changes of pectin content in *Diospyros* Germplasms and GongCheng persimmon during storage

2.2.5 柿果实可溶性果胶含量的变化

由图 8 可知，果实贮藏期间可溶性果胶含量呈上升趋势。由 8：A 可知，原果胶上升幅度 YS-2 最大为 0.57%，其次是 YS-4 为 0.41%，恭城月柿最小为 0.09%。

由图 8：B 可知乙烯利处理组含量高于对照组。贮藏末期乙烯利处理组中 YS-2 可溶性果胶含量最高，为 1.00%，上升幅度为 0.68%，月柿含量最低，为 0.70%，升幅为 0.34%。

由图 8：C 可知，贮藏末期 ZP-2 可溶性果胶含量最高为 0.66%，其次到 ZP-1 为 0.57%，恭城月柿最小为 0.44%。

由图 8：D 可知，经乙烯利处理后 0~4 d 柿果实可溶性果胶含量迅速上升，处理大大提高了月柿可溶性果胶含量的升幅，但对 ZP-1 和 ZP-2 影响不大。贮藏末期 ZP-2 可溶性果胶含量最高，为 0.62%；ZP-3 最低，为 0.53%。

说明油乙烯利处理初期能促进可溶性果胶含量的上升，脱涩处理能加快原果胶向可溶性果胶的转化。

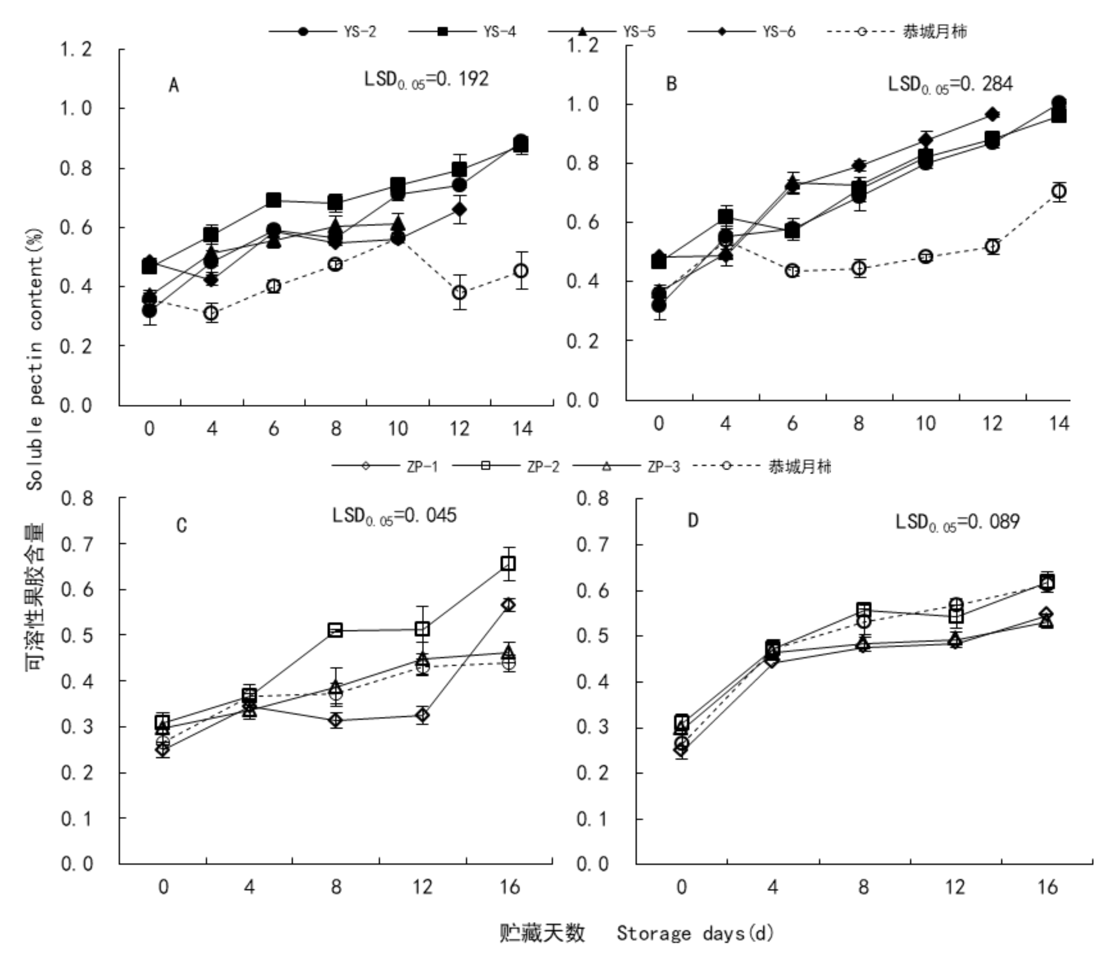


图 8 野生柿种质与恭城月柿贮藏期可溶性果胶含量的变化

Fig. 8 Changes of soluble pectin content in *Diospyros* Germplasms and GongCheng persimmon during storage

2.3 脱涩处理对油柿种质果实细胞壁降解酶活性的影响

2.3.1 柿果实 PG 酶活性的变化

PG、Cx、β-D-Gal 三个酶在果实贮藏软化过程中起着至关重要的作用，由图 9：A 可知恭城月柿 PG 活性始终高于油柿，月柿呈先上升后下降趋势，油柿整体呈下降趋势。月柿在第 8 天酶活性达到最大值 24.67 mg h^{-1} g^{-1}。油柿组中 YS-5 酶活性最高，YS-4 在第 6 天和第 12 天酶活性较高。

由图 9：B 可知，处理组除 YS-2 外，均呈先上升后下降趋势，乙烯利处理组 PG 活性的降幅小于对照组。月柿在第 4 天酶活性达到最大值 26.22 mg h^{-1} g^{-1}，之后一直保持较高酶活性。YS-4 在贮藏 0~10 d 期间酶活性波动小，末期酶活性出现一个高峰值。

由图 9：C 可知，柿果实 PG 酶呈先上升后下降再上升趋势，贮藏第 8 天为酶活性最低点。ZP-1 和 ZP-2 酶活性在第 4 天出现第一个峰值（分别为 14.50 mg h^{-1} g^{-1}、12.50 mg h^{-1} g^{-1}），

之后酶活性下降又上升，知道第 16 天出现酶活性最大值（15.60 mg h^{-1} g^{-1}、12.81 mg h^{-1} g^{-1}），ZP-3 的峰值出现在第 4 天（16.29 mg h^{-1} g^{-1}），月柿的峰值出现在第 12 天（16.74 mg h^{-1} g^{-1}）。

由图 9：D 可知，乙烯利处理酶活性趋势与对照组相同，处理推迟了 ZP-1、ZP-3 和月柿酶活性最低点的出现，使酶活性峰值增高。

月柿 PG 活性始终高于油柿，软化后期仍保持较高的酶活性。YS-2 硬度与 PG 活性呈显著性相关关系，ZP-2 硬度与 PG 活性呈显著性负相关关系（表 1），说明 PG 酶对 YS-2 和 ZP-2 具有调控作用。

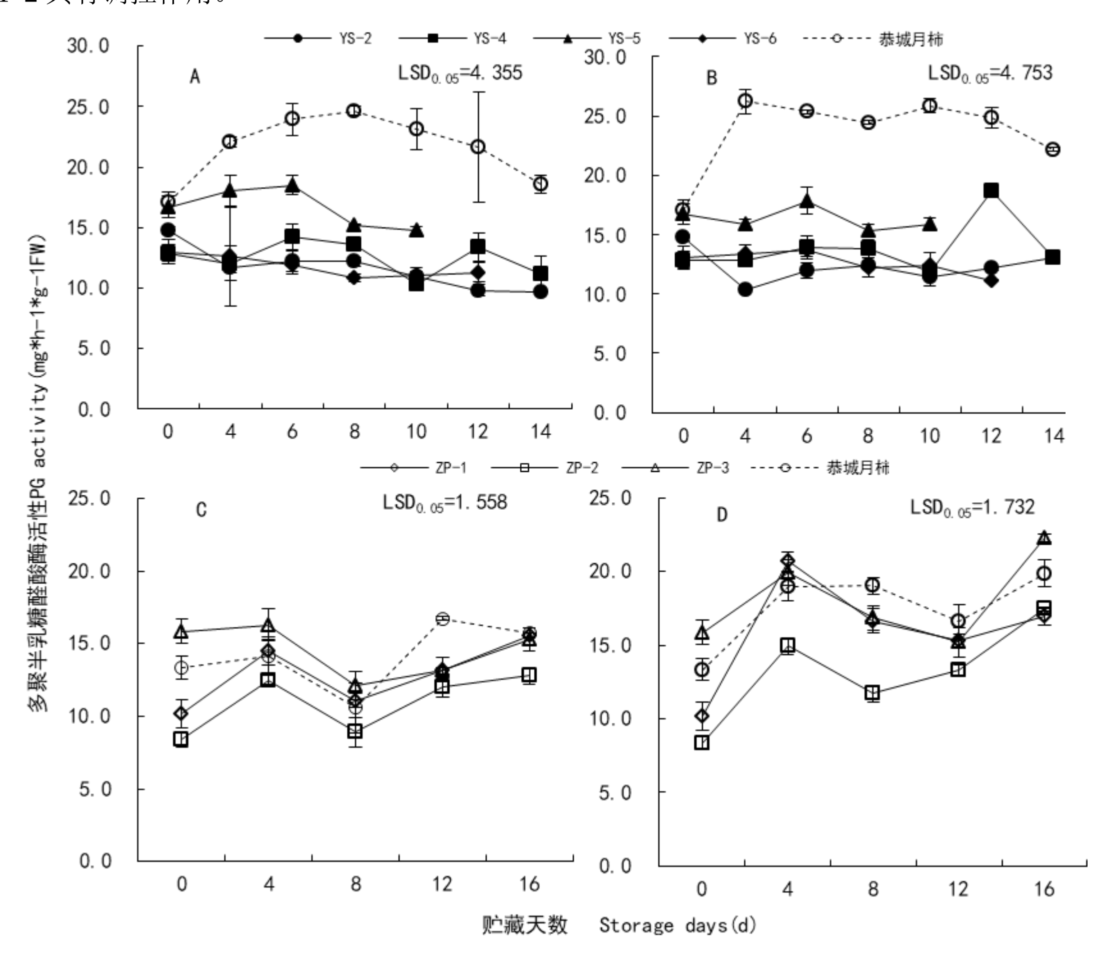


图 9 野生柿种质与恭城月柿贮藏期 PG 活性的变化

Fig. 9 Changes of PG activity in *Diospyros* Germplasms and GongCheng persimmon during storage

2.3.2 柿果实 Cx 酶活性的变化

由图 10：A 可知，月柿 Cx 总体呈上升趋势，油柿总体呈下降趋势。在 0~4 d 月柿酶活性迅速升高了 9.33 mg h^{-1} g^{-1}，在 10~12 d 柿 Cx 活性均下降至最低值，然后上升。贮藏末期 YS-6 酶活性下降最多，其次为 YS-4，降幅分为 6.70 mg h^{-1} g^{-1} 和 5.50 mg h^{-1} g^{-1}，

由图 10：B 可知，乙烯利处理能有效减小油柿的降幅，对于月柿基本无影响。月柿酶活性在第 4 天迅速上升，之后一直保持较高的酶活性，YS-4 在第 12 天出现酶活性高峰，峰值为 14.92 mg h^{-1} g^{-1}，

由图 10：C 可知，不同柿果实 Cx 酶活性变化趋势不同。ZP-1 的峰值出现在第 12 天，ZP-2 和月柿酶活性峰值出现在第 4 天和第 16 天，ZP-3 的酶活性峰值出现在第 8 天。

由图 10：D 可知，乙烯利处理促进柿果实 Cx 酶活性的升高，对月柿的促进作用最为显著，其次到 ZP-3，对 ZP-2 酶活性升高的促进最不明显。

对照组 YS-2、YS-4 和 YS-6 的硬度与 Cx 活性呈显著性正相关，乙烯利处理组月柿硬度与 Cx 活性呈显著性负相关，油柿与 Cx 活性呈极显著性正相关（表 1），说明乙烯利处理能增强 Cx 酶对柿的调控作用。不同农家栽培柿 Cx 酶活性峰值出现时间不同，乙烯利处理能提高 Cx 酶活性峰值。乙烯利处理能有效抑制油柿 Cx 活性的下降。

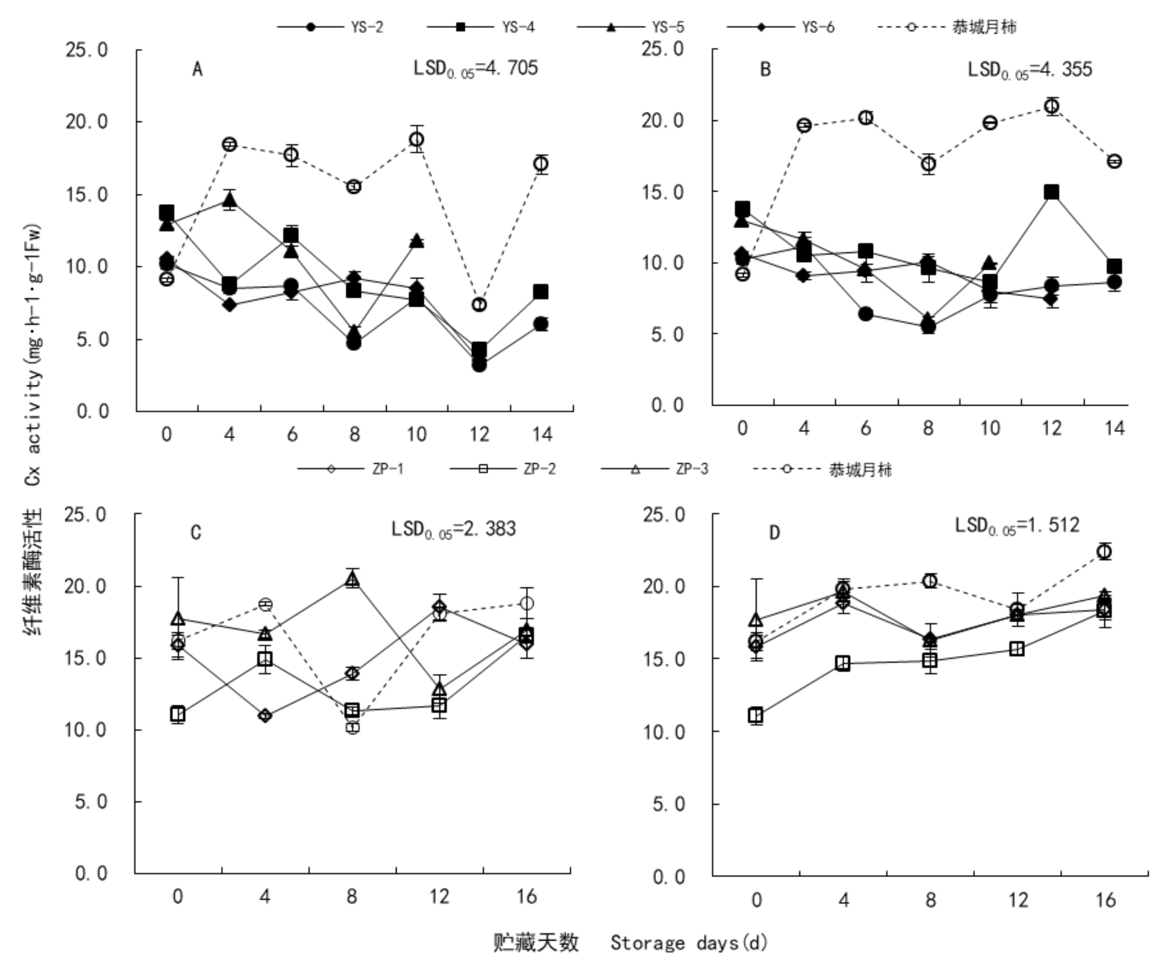


图 10 野生柿种质与恭城月柿贮藏期 Cx 活性的变化

Fig. 10 Changes of Cx activity in *Diospyros* Germplasms and GongCheng persimmon during storage

2.3.3 柿果实 β-D-Gal 酶活性的变化

如图 11：A 所示，贮藏期间果实 β-D-Gal 活性整体呈上升趋势，YS-5 和 YS-4 分别在 6 天和 10 天开始迅速上升，贮藏末期酶活性为 89.03 mg h^{-1} g^{-1} 和 55.50 mg h^{-1} g^{-1}。

如图 11：B 所示乙烯利处理组活性增幅大于对照组。不同油柿在经过乙烯利处理后酶活性迅速上升的时期不同，YS-5 和 YS-6 在第 4 天后 Cx 活性迅速上升，YS-2 和 YS-4 在第 10 天后活性迅速上升。对照组 YS-4 硬度与 β-D-Gal 活性呈显著性负相关，对照组 YS-2、YS-5 和乙烯利处理组 YS-2、YS-4 的硬度与 β-D-Gal 活性呈极显著性负相关（表 1）。

如图 11：C 所示，贮藏期间果实 β-D-Gal 活性整体呈上升趋势。贮藏期结束时 ZP-3 的 β-D-Gal 酶活性最高，为 22.95 mg h^{-1} g^{-1}，相反 ZP-1 酶活性最低，为 18.06 mg h^{-1} g^{-1}。

如图 11：D 所示，乙烯利处理促进 ZP-1 和月柿在整个贮藏期间 β-D-Gal 酶活性的上升；而处理第 8 天后 ZP-2 和 ZP-3 酶活性受到抑制。说明乙烯利处理会抑制 ZP-2 和 ZP-3 贮藏后期 β-D-Gal 酶活性。ZP-1 和 ZP-2 的硬度与 β-D-Gal 酶活性呈显著性负相关关系（表 1）。

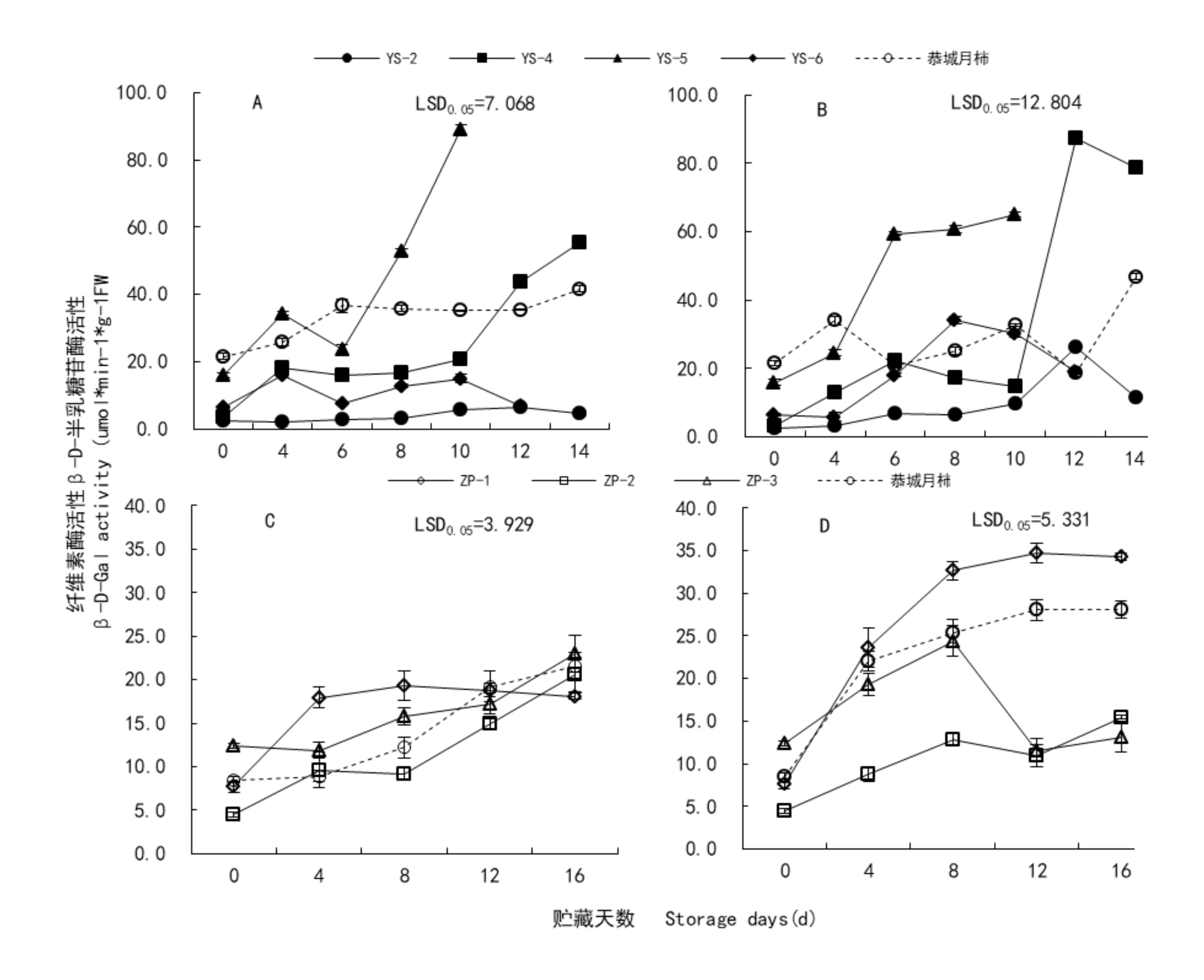


图 11 野生柿种质与恭城月柿贮藏期 β-D-Gal 活性的变化

Fig. 11 Changes of β-D-Gal activity in *Diospyros* Germplasms and GongCheng persimmon during storage

表 1 乙烯利处理与对照野生柿果实的硬度与其他 6 个贮藏生理指标的相关性分析

Table 1 Correlation analysis between fruit firmness and six other postharvest physiological indexes with ethephon treated and control of *Diospyros* Germplasm

处理 Treatment	名称 Name	可溶性单宁含量 Soluble Tannin content	原果胶含量 Protopectin content	可溶性果胶含量 Soluble pectin content	纤维素酶 Carboxymethyl cellulase（Cx）	多聚半乳糖醛酸酶 Polygalacturonase（PG）	β-D-半乳糖醛酸酶 β-D-galactosidase(β-D-Gal)
对照 Control	YS-2	0.854**	0.939**	-0.931**	0.813**	0.877**	-0.471*
	YS-4	0.797**	0.646**	-0.186	0.678**	0.076	-0.569**
	YS-5	0.722**	0.920**	-0.946**	0.431	0.231	-0.522*
	YS-6	0.978**	0.620**	-0.679**	0.718**	0.409	-0.157
	ZP-1	0.666**	0.585*	-0.780**	-0.254	-0.388	-0.531*
	ZP-2	0.930**	0.741**	-0.910**	-0.552*	-0.529*	-0.900**
	ZP-3	0.785**	0.864**	-0.620*	-0.014	0.025	-0.911**

乙烯利 Ethephon	YS-2	0.673**	0.948**	-0.869**	0.512*	0.573**	-0.547*
	YS-4	0.839**	0.807**	-0.175	0.482*	-0.199	-0.483*
	YS-5	0.664**	0.984**	-0.822**	0.665**	0.154	-0.412
	YS-6	0.965**	0.977**	-0.871**	0.573*	0.375	-0.457
	ZP-1	0.943**	0.909**	-0.908**	-0.509	-0.409	-0.907**
	ZP-2	0.842**	0.844**	-0.934**	-0.922**	-0.791**	-0.920**
	ZP-3	0.899**	0.859**	-0.740**	-0.282	-0.418	-0.396

注：*表示显著相关（P＜0.05）；**表示极显著相关（P＜0.01）。

Note: * means significant correlation (P < 0.05); **means extremely significant correlation (P < 0.01).

3 讨论与结论

3.1 人工脱涩处理中柿果实软化与可溶性单宁含量变化的关系

单宁是果实涩味的来源，刚采收的涩柿果实中含有高浓度单宁，随着果实成熟，乙醛与可溶性单宁小分子结合成难溶性的缩合单宁大分子，导致果实脱涩（殷学仁，2011）。在贮藏后期，果实处于极度软化状态，可溶性单宁含量下降会加剧（张桂霞等，2009）。除此以外，缩合单宁与果胶发生相互作用，可以使果实涩味降低，果实脱涩（托尔坤•买买提，2017）。本研究中可溶性单宁含量在贮藏期间随硬度的下降而下降，硬度与可溶性单宁含量呈极显著性正相关。乙烯利处理后油柿硬度在 0~4 d 急剧下降，可溶性单宁含量在第 4 天后开始急剧下降；而农家栽培柿在 12~16 d 硬度和可溶性单宁下降速率增大，以上均验证了前人的研究结果。

3.2 柿果实软化与果胶含量变化的关系

果胶为组成细胞壁中胶层的主要物质，果实软化过程中先是中胶层的溶解，再是细胞壁的溶解，最终导致果实软化（王仁才，2000）。在成熟软化前，果胶是以原果胶的形式存在，后熟期间中胶层的溶解是原果胶向可溶性果胶的转化，从而硬度下降；研究表明，果实的硬度与原果胶含量呈显著性正相关，与可溶性果胶呈显著性负相关（田建文，1994；夏春森，1991）。本研究中，油柿乙烯利处理组贮藏前期 0~4 d 原果胶含量大幅度下降，与 0~4 d 硬度急剧下降相对应，并且野生柿种质果实硬度与原果胶呈极显著性正相关，与可溶性果胶呈极显著性负相关（表 1），与前人研究结论一致。但有人研究木瓜发现，原果胶的迅速下降没有导致硬度的下降（Paull et al., 1996），实验中 YS-2 可溶性果胶含量最高，原果胶下降最快，但硬度降幅最低，验证了原果胶的下降并不一定导致果实硬度的降低这一观点。

3.3 柿果实软化与细胞壁降解酶活性变化的关系

在果实软化过程中，细胞壁降解是引起果实软化的主要原因（范灵姣，2016），然而不同水解酶在不同果实中起到的作用不同，且在果实的不同发育阶段也有差异（Huber，1983；Hinton，1974）。魏建梅等（2009）、Ng et al.（2015）、刘思敏等（2018）研究认为 β-D-Gal 是导致果实软化的重要因素之一；而其他人研究发现，猕猴桃、青梅、番木瓜、鳄梨等 PG 酶活性随着果实软化酶活性会增强（闫瑞香等，2000；陆胜民等，2000；Paull et al., 1983；Awad et al., 1979）。本研究中，Cx 酶和 PG 酶活性在月柿贮藏初期迅速升高之后一直保持较高的酶活性，抑制果实软化；ZP-1、YS-4 和 YS-5 受 Cx 酶和 β-D-Gal 酶活性的调控，硬度的降低伴随着 Cx 酶活性的升高和 β-D-Gal 酶活性的降低，而 YS-5 正好相反；ZP-2、YS-2 和 YS-6 果实软化受 PG、Cx、β-D-Gal 三种酶活性的调控，PG 和 Cx 酶活性促进 YS-2 果实软化。不同柿种质果实硬度与相关酶活性相关性不同，不同柿果实软化过程中起主导地位的酶不同。

综上所述，作为广西野生柿种质资源，不同柿种质果实的贮藏性存在较大差异，影响果实软化的因素也不同。通过与广西主栽品种‘恭城月柿’的贮藏性的比较，证明以上特色野生柿可以作为研究果实软化机制的特色种质材料，同时也为提高柿果实贮藏性的育种提供种

质基础。

参考文献:

ABWLES FB, BILES CL, 1991. Cellulase activity in developing apple fruit [J]. Sci Hortic, 47 (12): 77-87.

AHMED A, LABAVITCH J, 1980. Cell wall metabolism in ripening fruit I. Cell wall changes in ripening 'bartlett' pears [J]. Plant Physiol, 65(5): 1009-1013.

AWAD M, YOUNG RE, 1979. Post harvest variation in cellulose polygalacturonase and pectin methyl esterase in avocado fruit in relation to respiration and ethylene production[J]. Plant physiol, 64: 306-308.

BRUMMELL DA, 2006. Cell wall disassembly in ripening fruit[J]. Plant Biology, 33: 103-119.

BUSE E, LATIES G, 1993. Ethylene-mediated posttranscriptional regulation in ripening avocado (*Persea americana*) mesocarp discs[J]. Plant Physiol, 102(2): 417.

CAO JK, JIANG M, ZHAO YM, 2007. Study on physiology and biochemistry of fruits and vegetables after harvest [M]. Beijing: China Light Industry . [曹建康，姜微波，赵玉梅，2007. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京:中国轻工业出版社.]

DEVEAU EJ, GROSS K C, HUBER DJ, et al., 1993. Degradation and solubilization of pectin by β-galactosidases purified from avocado mesocarp[J]. Plant Physiol, 87(3): 279-285.

DENG LB, 2013. Genetic diversity of persimmon germplasm resources and its resistance to corner spot disease in Guangxi [D]. Nanning: Guangxi University. [邓立宝，2013. 广西柿种质资源遗传多样性及其对角斑病抗病性研究[D]. 南宁：广西大学.]

DENG LB, HE XH, LI TW, et al., 2012. Investigation on germplasm resources and genetic diversity of persimmon in northwest plateau of Guangxi [J]. Acta Hortic Sin, 39(2): 215-224. [邓立宝，何新华，李天文，等，2012. 广西西北部高原地区柿种质资源调查及遗传多样性分析[J]. 园艺学报[J]. 39(2)：215-224.]

DENG LB, LIANG QZ, HE XH, 2015. Investigation and analysis of genetic diversity of diospyros germplasms using SCoT molecular markers in Guangxi[J]. PLoS ONE, 13.

FAN LJ, 2016. Regulation of ascorbic acid on postharvest softening of persimmon fruit and its mechanism [D]. Nanning: Guangxi University. [范灵姣，2016. 抗坏血酸对柿果实采后软化的调控作用及其研究机制[D]. 南宁：广西大学.]

GAO ZQ, 2008. Study on persimmon processing technology of Anxi *D.oleifera*[D]. Fuzhou:Fujian Agriculture and Forestry University.［高志强，2008. 安溪油柿柿饼加工工艺的研究[D]. 福州：福建农林大学.］

HUBER DJ, 1983. The role of cell wall hydrolases in fruit softening[J]. Hort Rev, 5: 169-219.

HINTON DM, 1974. Cellulase activity in peaches during ripening[J]. Food Sci, 39:783-785.

ITAMURA H, 1986. Relationships between fruit softening, respiration and ethylene production after deastringent treatment by alcohol in Japanese persimmon (*Diospyros kaki Thunb. Var 'Hiratanenashi'*) fruits harvested at various stages [J]. Jpn Soc Hortic Sci, 55(1): 89-98.

KANG IK, SUH SG, BYUN JK, 1994. Characterization and antibody production of beta-galactosidase in persimmon fruits [J]. J Korean Soc Hort Sci, 35 (3): 226-232.

KANG IK, CHANG KH, BYUN JK, 1998. Changes in activities of cell wall hydrolases during ripening and softening in persimmon fruits[J]. J Korean Soc Hortic Sci, 39 (1): 55-59.

LU SM, XI QF, ZHANG YZ, 2000. Changes of softening and cell wall components and degradation enzyme activity of plum fruit after harvest[J]. Chin Agric Sci, 36(5): 595-598.［陆胜民，席琦芳，张耀洲，2000. 梅果采后软化与细胞壁组分及其降解酶活性的变化[J]. 中

国农业科学，36(5)：595-598.］

LUO ZS, 2005. Changes of cell wall component metabolism and ultrastructure in persimmon fruit during post-harvest softening [J]. Chin Physiol Mole Biol, 31(6): 651-656.［罗自生，2005. 柿果实采后软化过程中细胞壁组分代谢和超微结构的变化[J]. 植物生理与分子生物学学报，31(6)：651-656.］

LUO ZR, 1996. Current status of germplasm resources and utilization of persimmon [J]. J Huazhong Agric Univ, 15 (4): 381-382.［罗正荣, 1996. 柿属植物种质资源及其利用研究现状[J]. 华中农业大学学报，15(4)：381-382.］

LIU SM, HUANG SJ, LU D, et al., 2018. Relationship between postharvest redox potentials and ethylene synthesis and related enzyme activities in persimmon fruits [J]. Guihaia, 38(10): 1326-1334.［刘思敏，黄思婕，陆笛等，2008. 柿果实采后氧化还原电位与乙烯合成和相关酶活性的关系[J]. 广西植物，38(10)：1326-1334.］

NG JK, SCHRODER R, BRUMMELL DA, et al., 2015. Lower cell wall pectin solubilisation and galactose loss during early fruit development in apple (*Malus* x *domestica*) cultivar ‘Scifresh’ are associated with slower softening rate[J]. J Plant Physiol, 176:129-137.

PAULL RE, CHEN NJ, 1983. Post harvest variation in cell wall degrading enzymes of papaya during fruit ripening[J]. Plant Physiol, 72: 382-385.

PAULL KE, GROSS K, QIU YX, 1996. Changes in papaya cell walls during fruit ripening [J]. Postharvest Biol Technol, 7(4): 359-370.

PRABHA TN, BHAGYALAKSHMI N, 1998. Carbohydrate metabolism in ripening banana fruit[J]. Phyto Chem, 48(6): 915-920.

SMITH D, ABBOTT J, GROSS K, 2002. Down-regulation of tomato β-galactosidase 4 results in decreased fruit softening. Plant Physiology[J]. 129(4): 1755-1762.

SHEN SG, 1991. Physiological and biochemical changes of red Fuji apple during fruit development [J]. Acta Hortic Sin, 18 (1):1-3.［申曙光， 1991. 红富士苹果果实发育期间生理生化变化的研究[J]. 园艺学报，18 (1)：1-3.］

TAIRA S, 1996. Fruit analysis: astringency in persimmon[M]. Mod Meth Pant Anal, 18: 97-110.

TIAN JW, HE PC, XU MG, 1994. Study on the relationship between physical and chemical indexes in post-ripening persimmon [J]. Acta Hortic Sin, 21 (1): 41-46.［田建文，贺普超，许明宪，1994. 火柿后熟中各理化指标间的关系研究[J].园艺学报，21(1)：41-46.］

TORKUN M, 2017. Study on interaction between persimmon tannins and pectin [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University.［托尔坤 •买买提，2017. 柿单宁与果胶相互作用研究[D]. 武汉：华中农业大学.］

WANG RC, XIONG XY, TAN XH, et al., 2000. Changes of postharvest hardness and cell wall ultrastructure of delicious kiwi fruit [J]. J Hunan Agric univ (Nat Sci Ed), (6): 457-460.［王仁才，熊兴耀，谭兴和，等，2000. 美味猕猴桃果实采后硬度与细胞壁超微结构变化[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版)，(6)：457-460.］

WEI JM, MA FW, GUAN JF, et al., 2009. Cell wall metabolism and its regulation during fruit ripening and softening of jingbai pear [J]. Chin Agric Sci, 42 (8): 2987-2996.［魏建梅，马锋旺，关军锋，等，2000. 京白梨果实后熟软化过程中细胞壁代谢及其调控[J].中国农业科学，42(8)：2987-2996.］

WANG H, CHEN YH, LIN HTt, et al., 2008. Effects of different concentrations of 1-mcp treatment on persimmon fruit preservation in Anxi after harvest [J]. Acta Tropica Agric, 39(10): 2060-2066.［王慧，陈燕华，林河通，等. 不同浓度1-MCP处理对采后安溪油柿果实的保

鲜效应[J]. 热带作物学报，39(10)：2060-2066.］
XIA CS, WANG LY, 1991. Studies on the physiological process of 'Red Star' apple during storage [J]. Acta Hortic Sin, 8(2): 29-36.［夏春森， 王兰英. ‘红星’苹果在贮藏中果肉发绵生理过程的研究[J]. 园艺学报，8(2)：29-36.］
YAN RX, WANG RC, 2000. Physiological and biochemical mechanisms of fruit softening and senescence [J]. J Hunan Agric Univ, 26(3): 230-234.［闫瑞香， 王仁才, 2000. 果实软化衰老的生理生化机制[J]. 湖南农业大学学报，26(3)：230-234.］
YIN XR, 2011. Expression of ethylene transduction elements in persimmon fruits [J]. Acta Hortic Sin, 38:2499.［殷学仁， 2011. 柿果实脱涩过程中乙烯转导元件的表达研究[J]. 园艺学报，38：2499.］
ZHANG GX, WANG YC, WEI X, et al., 2009. Changes of tannin and soluble solids in persimmon fruit during softening [J]. J Anhui Agric Sci, 37(14): 6599-6600, 6010.［张桂霞， 王英超， 魏欣， 等， 2009. 柿果软化过程中单宁和可溶性固形物含量的变化[J]. 安徽农业科学，37(14)：6599-6600, 6010.］